

Dölle, Swantje

## **LERNnetze – Lernunterstützung im technischen Sachunterricht. Erprobung kognitiv aktivierender und inhaltlich strukturierender Maßnahmen der Lernunterstützung und Überprüfung der Angebotsnutzung**

*Landwehr, Brunhild [Hrsg.]; Mammes, Ingelore [Hrsg.]; Murmann, Lydia [Hrsg.]: Technische Bildung im Sachunterricht der Grundschule. Elementar bildungsbedeutsam und dennoch vernachlässigt? Bad Heilbrunn : Verlag Julius Klinkhardt 2021, S. 51-72. - (Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts; 12)*



Quellenangabe/ Reference:

Dölle, Swantje: LERNnetze – Lernunterstützung im technischen Sachunterricht. Erprobung kognitiv aktivierender und inhaltlich strukturierender Maßnahmen der Lernunterstützung und Überprüfung der Angebotsnutzung - In: Landwehr, Brunhild [Hrsg.]; Mammes, Ingelore [Hrsg.]; Murmann, Lydia [Hrsg.]: Technische Bildung im Sachunterricht der Grundschule. Elementar bildungsbedeutsam und dennoch vernachlässigt? Bad Heilbrunn : Verlag Julius Klinkhardt 2021, S. 51-72 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-215326 - DOI: 10.25656/01:21532

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-215326>

<https://doi.org/10.25656/01:21532>

in Kooperation mit / in cooperation with:



<http://www.klinkhardt.de>

### **Nutzungsbedingungen**

Dieses Dokument steht unter folgender Creative Commons-Lizenz: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.de> - Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt unter folgenden Bedingungen vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen sowie Abwandlungen und Bearbeitungen des Werkes bzw. Inhaltes anfertigen: Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen. Dieses Werk bzw. der Inhalt darf nicht für kommerzielle Zwecke verwendet werden. Die neu entstandenen Werke bzw. Inhalte dürfen nur unter Verwendung von Lizenzbedingungen weitergegeben werden, die mit denen dieses Lizenzvertrages identisch oder vergleichbar sind.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

### **Terms of use**

This document is published under following Creative Commons-License: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.en> - You may copy, distribute and transmit, adapt or exhibit the work in the public and alter, transform or change this work as long as you attribute the work in the manner specified by the author or licensor. You are not allowed to make commercial use of the work. If you alter, transform, or change this work in any way, you may distribute the resulting work only under this or a comparable license.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.



### **Kontakt / Contact:**

peDOCS  
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation  
Informationszentrum (IZ) Bildung  
E-Mail: [pedocs@dipf.de](mailto:pedocs@dipf.de)  
Internet: [www.pedocs.de](http://www.pedocs.de)

Mitglied der

  
Leibniz-Gemeinschaft

# **Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts**

**Brunhild Landwehr  
Ingelore Mammes  
Lydia Murmann  
(Hrsg.)**

## **Technische Bildung im Sachunterricht der Grundschule**

**Elementar bildungsbedeutsam und  
dennoch vernachlässigt?**



**GDSU e.V.**

**k linkhardt**

**Forschungen zur Didaktik  
des Sachunterrichts  
Band 12**

Brunhild Landwehr  
Ingelore Mammes  
Lydia Murmann  
(Hrsg.)

# Technische Bildung im Sachunterricht der Grundschule

Elementar bildungsbedeutsam und  
dennoch vernachlässigt?

Verlag Julius Klinkhardt  
Bad Heilbrunn • 2021

k

Schriftenreihe der

Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts e.V.

Die Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) e.V. ist ein Zusammenschluss von Lehrenden aus Hochschule, Lehrerfortbildung, Lehrerweiterbildung und Schule. Ihre Aufgabe ist die Förderung der Didaktik des Sachunterrichts als wissenschaftliche Disziplin in Forschung und Lehre sowie die Vertretung der Belange des Schulfaches Sachunterricht.

[www.gdsu.de](http://www.gdsu.de)

Dieser Titel wurde in das Programm des Verlages mittels eines Peer-Review-Verfahrens aufgenommen. Für weitere Informationen siehe [www.klinkhardt.de](http://www.klinkhardt.de).

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation  
in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten  
sind im Internet abrufbar über <http://dnb.d-nb.de>.

2021.n. © by Julius Klinkhardt.

Druck und Bindung: AZ Druck und Datentechnik, Kempten.  
Printed in Germany 2021.  
Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem alterungsbeständigem Papier.



*Die Publikation (mit Ausnahme aller Fotos, Grafiken und Abbildungen) ist veröffentlicht unter der Creative Commons-Lizenz: CC BY-NC-SA 4.0 International*  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

ISBN 978-3-7815-5869-4 digital

[doi.org/10.35468/5869](https://doi.org/10.35468/5869)

ISBN 978-3-7815-2430-9 print

## Inhaltsverzeichnis

<i>Brunhild Landwehr, Ingelore Mammes und Lydia Murmann</i> Editorial .....	7
<i>Andreas Schmitt und Tanja Fellensiek</i> „Windräder werden mit Strom betrieben, um Wind zu erzeugen ... oder umgekehrt!?“ – Schülervorstellungen und Konzeptwechsel zum Thema Windenergie im Sachunterricht .....	11
<i>Stefan Fletcher und Anja Kleinteich</i> Vorstellungen von Grundschüler*innen zum Ende der Primarstufe über den grundsätzlichen Aufbau eines komplexen technischen Systems zur Energieerzeugung untersucht am Beispiel der Konstruktion eines Wasserkraftwerks aus vorgegebenen Teilsystemen .....	29
<i>Swantje Dölle</i> LERNnetze – Lernunterstützung im technischen Sachunterricht Erprobung kognitiv aktivierender und inhaltlich strukturierender Maßnahmen der Lernunterstützung und Überprüfung der Angebotsnutzung .....	51
<i>Victoria Adenstedt</i> Attributionen von Grundschulkindern zur Erklärung von Leistungsergebnissen bei technischen Alltagsaufgaben .....	73
<i>Svantje Schumann</i> Technische Ereignisse in Stummfilmen erschließen – eine Untersuchung der Bildungsprozesse von Kindern .....	95
<i>Lennart Goecke, Jurik Stiller und Julia Schwanewedel</i> Algorithmusverständnis in der Primarstufe – Eine Studie im Kontext des Einsatzes von programmierbarem Material .....	117
<i>Sabine Martschinke, Susanne Palmer Parreira und Ralf Romeike</i> Informatische (Grund-)Bildung schon in der Primarstufe? Erste Ergebnisse aus einer Evaluationsstudie .....	133

## 6 | Inhaltsverzeichnis

*Eva Gläser und Christina Krumbacher*

Ausstattung zur technischen Bildung mangelhaft?

Eine quantitative Studie zur Situation an Grundschulen ..... 151

**Verzeichnis der Autorinnen und Autoren ..... 167**

*Swantje Dölle*

# **LERNnetze – Lernunterstützung im technischen Sachunterricht**

## **Erprobung kognitiv aktivierender und inhaltlich strukturierender Maßnahmen der Lernunterstützung und Überprüfung der Angebotsnutzung**

### **1 Einleitung**

Eine frühe technische Bildung soll Kindern Zugänge zu technischem Denken und Handeln ermöglichen (GDSU 2013, 63). Das technische Lernen im Sachunterricht beschränkt sich dabei nicht nur auf die Ausbildung einer technisch-praktischen Handlungsfähigkeit, sondern schließt auch das analysierende technische Denken und die Erschließung technischer Funktions- und Handlungszusammenhänge mit ein. Dementsprechend umfassen die technikbezogenen Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen neben dem produktiv technischen Handeln auch die Bewertung und Kommunikation von Technik sowie das Erkunden und Analysieren technischer Prozesse und Artefakte (a.a.O., 64). Durch die Auseinandersetzung mit den grundlegenden technischen Inhaltsfeldern sollen die Schüler\*innen Hemmnisse und Ängste im Umgang mit Technik abbauen und über Verstehenserlebnisse und Kompetenzerfahrung eine kritische und rationale Haltung zu technischen Wirk- und Bedingungsbeziehungen aufbauen (Möller 1994, 227).

Das analysierende technische Denken kann durch das Untersuchen von technischen Gegenständen und Herstellungsprozessen sowie durch die Erkundung technischer Entwicklungen und Arbeitsabläufe gefördert werden (GDSU 2013, 66). Die grundlegenden technischen Funktionsprinzipien sind allerdings häufig nicht direkt ersichtlich und auch die Mittel-Zweck-Bindung im technischen Handeln ist für die Kinder nur selten unmittelbar erfahrbar. Aus technik- und sachunterrichtsdidaktischer Perspektive gilt es daher zu untersuchen, wie technische Funktionsbeziehungen lern- und verstehbar gemacht und die Lernenden zur gezielten Analyse anregt sowie bei der Erkundung technischer Gegenstände unterstützt werden können. Diese fach- bzw. perspektivspezifischen Herausforderungen werden im vorliegenden Forschungsprojekt aufgegriffen und konkretisiert. Im Mittelpunkt steht dabei ein sogenanntes „LERNnetz“ zur Funktionsweise von Zahnrad- und Riemengetrieben am Beispiel von Kurbelkarussellmodellen.



LERNnetze bezeichnen spezielle Lernarrangements zur Anregung und Unterstützung individueller Wissenskonstruktionsprozesse und wurden in der unterrichtlichen Praxis für den technischen Sachunterricht entwickelt (Dölle in Vorb.). Inhaltlich strukturierende und kognitive aktivierende Maßnahmen der Lernunterstützung werden hier implementiert (vgl. Adamina u. a. 2017) und unter fach- und unterrichtsgegenstandsspezifischen Gesichtspunkten konkretisiert (vgl. Prediger u. a. 2013; vgl. Dölle 2019).

Die Befunde der empirischen Unterrichtsforschung belegen die Bedeutung der kognitiven Aktivierung und inhaltlichen Strukturierung für schulische Lehr- und Lernprozesse (Lipowsky 2009; Kunter & Voss 2011). Für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht konnte der Einfluss von Strukturierungsmaßnahmen in konstruktivistisch-orientierten Lernumgebungen auf den Lernerfolg bereits nachgewiesen werden (Möller u. a. 2002). Hinsichtlich des Erreichens motivationaler und selbstbezogener (Blumberg u. a. 2004) sowie kognitiver Zielsetzungen (Möller u. a. 2002) zeigte sich dabei im Rahmen einer Teilstudie, dass vor allem Lernende mit ungünstigen Lernvoraussetzungen von strukturierenden Maßnahmen der Lernunterstützung profitieren, während leistungstärkere Kinder weniger auf Strukturierungen angewiesen zu sein scheinen (vgl. Möller 2016). Im Sinne des Adaptive Teaching bleibt folglich zu hinterfragen, welches Maß an strukturierender und aktivierender Lernunterstützung sich individuell als lernwirksam erweist. Diesem Aspekt der differenziellen Wirkung von Unterricht kommt in Bezug auf das technische Lernen eine besondere Bedeutung zu, da hier sozialisationsbedingt von äußerst heterogenen kognitiven sowie motivational-affektiven Lernvoraussetzungen ausgegangen werden muss (vgl. Möller 1994; Mammes 2001). Für das im Kontext des Forschungsprojektes entwickelte LERNnetz zum Kurbelkarussell wurden daher drei unterschiedliche Grade an inhaltlicher Strukturierung und kognitiver Aktivierung generiert. Untersucht werden soll, inwieweit sich die sozialisationsbedingt erwartbaren Unterschiede im technikkbezogenen Vorwissen bestätigen lassen und wie sich die unterschiedlichen Grade der Lernunterstützung bei heterogenen Lerneingangsvoraussetzungen auf die Lernergebnisse und auf das Lernerleben auswirken. Dazu werden drei aufeinander aufbauende Erhebungen mit Schüler\*innen aus dritten Grundschulklassen durchgeführt (siehe Abb. 1).

In der hier berichteten ersten Teilstudie (LERNnetze I) werden zunächst die fach- und unterrichtsgegenstandsspezifisch konkretisierten Strukturierungs- und Aktivierungsmaßnahmen erprobt und im Hinblick auf die tatsächliche Nutzung durch die Lernenden überprüft und weiterentwickelt. Da nicht davon auszugehen ist, dass die entwickelten Unterrichtsangebote automatisch in intendierter Weise von den Lernenden genutzt werden (können), ist diese Absicherung unumgänglich, um die Qualität der dritten Teilstudie zu gewährleisten, in deren Rahmen die spezifische Wirkung der Maßnahmen untersucht werden soll (LERNnetze III). Darüber hinaus können auf Basis der Befunde Impulse für die Gestaltung

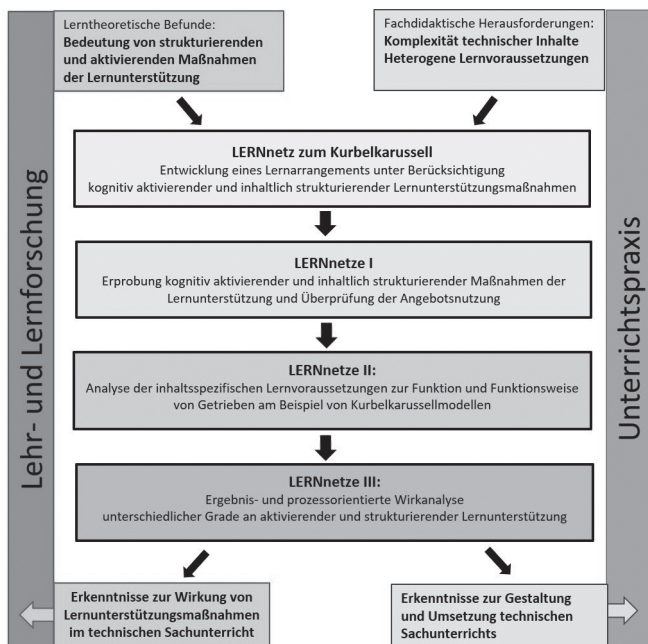


Abb. 1: Übersicht über das Forschungsprojekt LERNnetze und die zugehörigen Teilstudien

von Lehr- und Lernsituationen im technischen Sachunterricht über das konkrete Thema der Kurbelkarusselle hinaus abgeleitet werden. In diesem Beitrag werden die Ergebnisse der Maßnahmenerprobung und -weiterentwicklung sowie die forschungsmethodische Umsetzung vorgestellt. Im Folgenden werden dazu zunächst die lerntheoretischen, konzeptionellen und didaktischen Hintergründe des entwickelten LERNnetzes näher betrachtet.

## 2 Lernunterstützung durch LERNnetze

LERNnetze weisen enge Bezüge zum Entdeckenden Lernen nach Bruner (1961) auf. Im Sinne des guided discovery learning (vgl. de Jong & van Joolingen 1998) werden aber inhaltliche Strukturierungs- und kognitive Aktivierungsmaßnahmen genutzt (vgl. Adamina u. a. 2017), um den Unterrichtsgegenstand für die Lernenden besser lern- und verstehbar zu machen und sie zum Nachdenken und Erforschen anzuregen. Die Befunde der empirischen Unterrichtsforschung belegen die Bedeutung dieser Verknüpfung normativer Prinzipien eines „guten“ Unterrichts mit den lerntheoretischen Erkenntnissen eines „effektiven Unterrichts“ (Berliner 2005; Kunter & Ewald 2016).

## 2.1 Anregende und strukturierende Maßnahmen der Lernunterstützung im LERNnetz

Die inhaltliche Strukturierung und die kognitive Aktivierung der Lernenden gelten als essentielle tiefenstrukturelle Merkmale der Unterrichtsqualität. Adamina u. a. (2017) konkretisieren diese beiden Dimensionen der Unterrichtsqualität, indem sie spezifische Maßnahmen der Lernunterstützung für das naturwissenschaftliche Lernen im Sachunterricht ableiten. Die kognitiv anregenden Maßnahmen der Lernunterstützung (siehe Tab. 1) sollen die Lernenden durch „[...] Bewusst-Machen, durch Ko-Konstruktion und Dialog in der Lerngemeinschaft“ kognitiv so aktivieren, dass die vorhandenen Vorstellungen erweitert, verknüpft oder umstrukturiert werden können (Möller 2016, 57). Die inhaltlich strukturierenden Maßnahmen der Lernunterstützung zielen darauf ab, Unterrichtsgegenstände für die Lernenden „besser lern- und verstehbar zu machen“ (Kleickmann 2012, 8).

**Tab. 1:** Anregende und strukturierende Maßnahmen der Lernunterstützung (Adamina u. a. 2017)

	Kognitiv anregende Maßnahmen der Lernunterstützung (Adamina u.a. 2017)		Inhaltlich strukturierende Maßnahmen der Lernunterstützung (Adamina u.a. 2017)
<b>KA 1</b>	Vorhandene Vorstellungen erschließen	<b>IS 1</b>	Sequenzieren
<b>KA 2</b>	Kognitive Konflikte auslösen	<b>IS 2</b>	Zielklarheit schaffen
<b>KA 3</b>	Vorstellungen aufbauen bzw. weiterentwickeln	<b>IS 3</b>	Auf sprachliche Klarheit achten
<b>KA 4</b>	Anwendung von Konzepten ermöglichen	<b>IS 4</b>	Hervorheben
<b>KA 5</b>	Austausch über Vorstellungen und Konzepte anregen	<b>IS 5</b>	Zusammenfassen
<b>KA 6</b>	Über Lerninhalte und -wege nachdenken	<b>IS 6</b>	Veranschaulichen
<b>KA 7</b>	Herausfordernde Aufgaben stellen	<b>IS 7</b>	Modellieren

Über das naturwissenschaftliche Lernen hinaus bieten diese beiden Maßnahmenbereiche aufgrund der vielfältigen Spezifizierungsmöglichkeiten und des zugrunde liegenden kognitiv-konstruktivistischen Erkenntnisverständnisses gewinnbringende Ansatzpunkte für die weiteren Perspektiven des Sachunterrichts, insbesondere auch für das technische Lernen und den Kompetenzbereich der

Technischen Analyse, wie am Beispiel des LERNnetzes zum Kurbelkarussell verdeutlicht werden kann (vgl. Kap. 2.2).

Ein LERNnetz besteht aus einer problemzentrierten Einstiegssequenz, verschiedenen Aufgaben und Versuchen, die das zentrale Phänomen oder den zentralen Sachverhalt aufgreifen, Reflexions- und Transferphasen sowie weiterführenden Transferaufgaben (siehe Abb. 2).

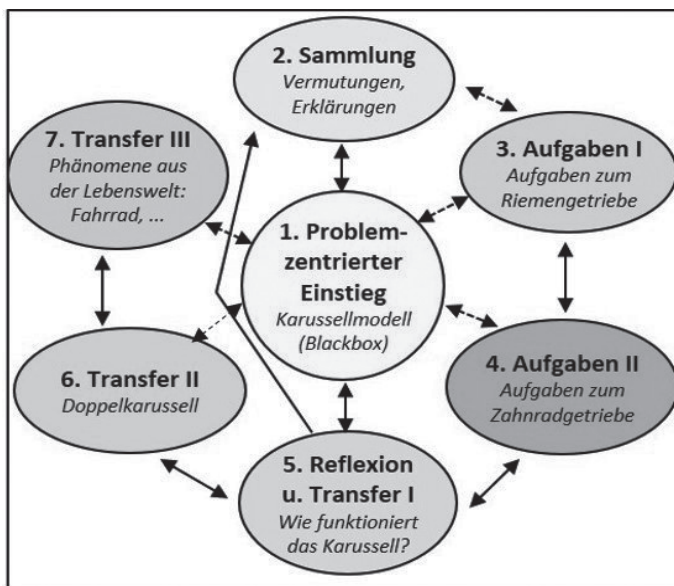


Abb. 2: Bearbeitungs- und Transferphasen im LERNnetz am Beispiel des LERNnetzes zum Kurbelkarussell

Dieser transfer- und problemorientierte Aufbau von LERNnetzen ist auf die Implementierung der anregenden und strukturierenden Maßnahmen der Lernunterstützung zurückzuführen (vgl. Adamina u. a. 2017). Die Bearbeitung und vor allem der Vergleich der einzelnen Aufgaben und Versuche soll es den Lernenden ermöglichen, Zusammenhänge und Analogien zu erkennen sowie Erklärungen, Gesetzmäßigkeiten und Funktionsprinzipien ableiten und übertragen zu können (*KA 4: Anwendung von Konzepten ermöglichen*). Um diesen transferorientierten Wissenserwerb zu gewährleisten, erfolgt die Umsetzung und Bearbeitung eines LERNnetzes in aufeinanderfolgenden Phasen, deren Anzahl und Ausgestaltung in Abhängigkeit von der thematischen Ausrichtung durchaus variieren kann. Entscheidend ist, dass die einzelnen Bearbeitungsphasen nicht isoliert nebeneinanderstehen, sondern auf unterschiedlichen Ebenen direkt oder indirekt miteinander verknüpft sind (*IS 1: Sequenzieren*). Aus der so entstehenden Netzstruktur

tur resultiert schließlich auch die Bezeichnung für das Lernarrangement. Der problemzentrierte Einstieg dient der Aufmerksamkeitsfokussierung und soll die Schüler\*innen anregen, sich mit der Fragestellung auseinanderzusetzen und diese zu fokussieren (*KA 7: Herausfordernde Aufgaben stellen/IS 2: Zielklarheit schaffen*). In der Sammlungsphase werden die Vermutungen, Ideen und Lösungsansätze der Kinder dokumentiert (*KA 1: Vorhandene Vorstellungen erschließen*). Die Aufgabenformate sind so gewählt, dass die grundlegenden Hintergründe durch unterschiedliche Repräsentationsformen veranschaulicht werden können (*IS 6: Veranschaulichen*). Außerdem wird hier darauf geachtet, klare, sach- und lernendengemäße Formulierungen zu verwenden (*IS 3: Auf sprachliche Klarheit achten*).

In den Arbeits-, Reflexions- und Transferphasen können darüber hinaus weitere Lernunterstützungsmaßnahmen integriert und genutzt werden (z. B. *KA 2: Kognitive Konflikte auslösen/IS 7: Modellieren*). Die auf diese Weise entwickelten LERNnetze stellen gewissermaßen eine unterrichtsmethodische Vorlage dar, auf deren Basis die weiterführenden lerngegenstandsspezifischen Konkretisierungen vorgenommen werden können. Bislang wurden LERNnetze zu verschiedenen technischen Themenbereichen für dritte und vierte Grundschulklassen konzipiert, wie z. B. zum Funktionsprinzip der Wassermühle (Dölle 2019) und des Kurbelkarussells (Dölle in Vorb.) sowie zur Funktion der Strebe im Fachwerkgefüge (Boemke 2017). Das Lernarrangement erweist sich aber auch für die Auseinandersetzung mit perspektivübergreifenden analysierenden Fragestellungen als geeignet (z. B. „Wie funktioniert die Taschenlampe?“ (Schmidt 2018) oder „Auf den Spuren von Plastik – Sollte Plastik verboten werden?“ (Scheitz 2019)). Die für die Nutzung und Umsetzung von LERNnetzen jeweils notwendige unterrichtsgegenstandsspezifische Konkretisierung der implementierten Unterstützungsmaßnahmen wird im Folgenden anhand des LERNnetzes zum Kurbelkarussell verdeutlicht.

## 2.2 Konkretisierung der Unterstützungsmaßnahmen im LERNnetz zum Kurbelkarussell

Das Lernarrangement zum Kurbelkarussell fokussiert die Förderung der perspektivbezogenen Denk-, Arbeits- und Handlungsweise „Technik und Arbeit erkunden und analysieren“ (GDSU 2013, 66). Die Schüler\*innen erhalten die Gelegenheit, einen einfachen mechanischen Gegenstand zu untersuchen, und sollen auf diesem Wege die Funktionsweise und den Nutzen von Getrieben erkennen und auf Geräte und Maschinen der Alltagswelt übertragen (vgl. Dölle in Vorb.). Als Einstiegsimpuls in die Unterrichtssequenz wird den Kindern das Kurbelkarussell, ein Blackbox-Kartonmodell mit einer bedruckten „Karussellscheibe“ und einer Kurbel präsentiert. Die Kinder werden aufgefordert zu vermuten, was passiert, wenn man an der Kurbel dreht. Hieraus ergibt sich die erste Forscher\*innenfrage: „Wieso dreht sich das Karussell, wenn man an der Kurbel dreht?“ Im Gespräch werden erste Vermutungen und Erklärungen besprochen, im Anschluss fertigen die

Kinder eine Sachzeichnung an. Anschließend werden den Kindern die weiteren Änderungen der Karusselleinstellung vorgeführt. Ausgehend von der Grundeinstellung (gleichbleibende Übersetzung – gleiche Drehrichtung) wird zunächst die Drehzahl erhöht und dann verringert und daran anschließend die Drehrichtung verändert. Dazu öffnet die Lehrperson jeweils den Kartondeckel und nimmt die entsprechenden Änderungen am Riemengetriebe vor, ohne dass die Schüler\*innen dies sehen können. Aus den Beobachtungen der Kinder ergeben sich die weiteren Forscher\*innenfragen: *Wie kann die Geschwindigkeit verändert werden? Wie kann die Drehrichtung verändert werden?*

Zur Erarbeitung der Forscher\*innenfragen erhalten die Schüler\*innen Fertigungsaufgaben und strukturierte Montageaufgaben zum Riemen- und zum Zahnradgetriebe, welche die grundlegenden Konstruktions- und Funktionsprinzipien veranschaulichen und die Lernenden unterstützen sollen, Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge abzuleiten und auf das Kurbelkarussell zu übertragen (vgl. Dölle in Vorb.).

Im Kontext des vorliegenden Forschungsprojektes wurden für das LERNnetz zum Kurbelkarussell drei unterschiedliche Grade der Lernunterstützung realisiert, die additiv aufeinander aufbauen. Jedem Unterstützungsgrad wurden dabei Aktivierungs- und Strukturierungsmaßnahmen gemäß Adamina u. a. (2017) zugeordnet (siehe Tab. 2).

**Tab. 2:** Unterschiedliche Grade der Lernunterstützung im LERNnetz zum Kurbelkarussell

	<b>IMPLIZITE Lernunterstützung</b>	<b>MODERAT EXPLIZITE Lernunterstützung</b>	<b>INTENSIV EXPLIZITE Lernunterstützung</b>
<b>Maßnahmen der Lernunterstützung</b>			KA 2 KA 6 IS 5 IS 7
		KA 3 KA 5 IS 4	KA 3 KA 5 IS 4
	KA 1 KA 4 KA 7 IS 1 IS 2 IS 3 IS 6	KA 1 KA 4 KA 7 IS 1 IS 2 IS 3 IS 6	KA 1 KA 4 KA 7 IS 1 IS 2 IS 3 IS 6

Die Stufung erfolgt unter quantitativen und qualitativen Gesichtspunkten: Zum einen nimmt die Anzahl der Maßnahmen stetig zu, zum anderen erhöht sich die Intensität der kognitiven Aktivierungsmaßnahmen sowie der inhaltlichen Strukturierungsmaßnahmen.

Die zusätzlichen Maßnahmen werden jeweils in der Reflexions- und der Transferphase des LERNnetzes eingesetzt.

Das LERNnetz mit *impliziter Lernunterstützung* umfasst insgesamt drei Aktivierungs- und vier Strukturierungsmaßnahmen, die auf die technische Lehr- und Lernsituation übertragen und unter perspektiv- und unterrichtsgegenstandsspezifischen Gesichtspunkten konkretisiert wurden (siehe Tab. 3).

**Tab. 3:** Maßnahmen der Lernunterstützung im LERNnetz mit impliziter Lernunterstützung

	Kognitiv anregende und inhaltlich strukturierende Maßnahmen der Lernunterstützung (Adamina u.a. 2017)	Umsetzung im LERNnetz zum Kurbelkarussell
KA 1	Vorhandene Vorstellungen erschließen	Anfertigung einer Sachzeichnung zum Kurbelkarussell
KA 7	Herausfordernde Aufgaben stellen	Kurbelkarussell als Blackbox
KA 4	Anwendung von Konzepten ermöglichen	Transferorientierte Aufgabenstellungen: Transfer auf Mini-Karussells und Blackbox
IS 2	Zielklarheit	Fokussierung der Forscherfragen
IS 1	Sequenzierung	1. Riemengetriebe: - Fertigungsaufgaben zu Weiterleitung, Übersetzung und Drehrichtung - Montage Mini-Karussell 2. Zahnradgetriebe: Aufgaben s.o. 3. Transfer auf Blackbox
IS 6	Veranschaulichen	Fertigungs- und Montagematerial: Riemenscheiben und Zahnräder, Mini-Karussells
IS 3	Auf sprachliche Klarheit achten	z.B.: Angaben zur Drehrichtung und zur Übersetzung werden als Antwortformate zur Auswahl vorgegeben

Das LERNnetz mit *moderat expliziter Lernunterstützung* umfasst zusätzlich zwei Aktivierungs- und eine Strukturierungsmaßnahme (siehe Tab. 4). In der Transferphase werden hier unter anderem Modelle als Repräsentanten der Aufgabenformate (Zahnrad- und Riemengetriebe mit unterschiedlicher Drehrichtung und Übersetzung ins Schnelle bzw. ins Langsame) vergleichend betrachtet. Die Ler-



nenden sollen hierdurch angeregt und unterstützt werden, Gemeinsamkeiten in den Wirkprinzipien (genotypische Ähnlichkeiten) zu erkennen.

**Tab. 4:** Zusätzliche Maßnahmen der Lernunterstützung im LERNnetz mit moderat expliziter Lernunterstützung

	Kognitiv anregende und inhaltlich strukturierende Maßnahmen der Lernunterstützung (Adamina u.a. 2017)	Umsetzung im LERNnetz zum Kurbelkarussell
KA 3	Vorstellungen aufbauen und weiterentwickeln	Die bearbeiteten Aufgabenformate werden vergleichend betrachtet und auf Gemeinsamkeiten hin untersucht.
KA 5	Austausch über Vorstellungen und Konzepte anregen	Die Lehrperson erfragt nach Öffnung der Blackbox, wie eine bestimmte Übersetzung/ Drehrichtung realisiert werden kann. Die Antwortfindung soll durch gemeinsamen Austausch erfolgen.
IS 4	Hervorheben	Die Lehrkraft hebt wichtige Äußerungen hervor.

Das LERNnetz mit *intensiv expliziter Lernunterstützung* umfasst zusätzlich zwei Aktivierungs- und zwei Strukturierungsmaßnahmen (siehe Tab. 5).



**Tab. 5:** Zusätzliche Maßnahmen der Lernunterstützung im LERNnetz mit intensiv expliziter Lernunterstützung

	Kognitiv anregende und inhaltlich strukturierende Maßnahmen der Lernunterstützung (Adamina u.a. 2017)	Umsetzung im LERNnetz zum Kurbelkarussell
KA 6	Über Lerninhalte und -wege nachdenken	Die Lernenden erhalten ihre Sachzeichnung zurück und sollen benennen, ob und was sie nun ändern/anders darstellen würden.
KA 2	Kognitive Konflikte auslösen	Die Lehrkraft problematisiert, wirft Rückfragen auf und deutet auf Widersprüche hin: „Gerade habt ihr aber gesagt, das Karussell dreht sich schneller, wenn das kleine Zahnrad mit der Kurbel verbunden ist.“
IS 5	Zusammenfassen	Die Lehrkraft fasst zusammen.
IS 7	Modellieren	Die Lehrkraft agiert modellierend: „Wenn ich also das Band so kreuze, dann ändert sich die Richtung.“

Durch den Rückbezug auf die angefertigte Sachzeichnung soll die Gelegenheit geschaffen werden, über Veränderungen in den eigenen Vorstellungen nachzudenken. Auch die weiteren Maßnahmen zielen darauf ab, die Lernenden zu einer vertiefenden Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand anzuregen.

### 3 Erprobung der Aktivierungs- und Strukturierungsmaßnahmen und Überprüfung der Angebotsnutzung

Angebots-Nutzungs-Modelle verdeutlichen, dass die Qualität unterrichtlicher Wirkungen von der „Qualität des Bildungsangebots“, aber vor allem auch von der „Qualität der Angebotsnutzung“ bestimmt wird (Reusser & Pauli 2010, 18). Helmke (2010) betont, dass die individuellen Lernvoraussetzungen für das Lernen von besonderer Bedeutung sind. Schüler\*innen nutzen unterrichtliche Angebote je nach Wahrnehmung und Interpretation gemäß des individuellen Lernpotenzials, der Vorkenntnisse, der Motivation und des Selbstkonzeptes. Im Zuge der Unterrichtsentwicklung ist es daher von besonderer Bedeutung, Unterrichtsangebote im Hinblick auf die resultierenden Lernaktivitäten zu analysieren, um

entsprechende Rückschlüsse im Hinblick auf die Gestaltung von Lehr-Lernsituationen ziehen zu können. Dies gilt es auch bei den hier entwickelten LERNnetzen zu berücksichtigen.

Die Ergebnisse einer ersten Pilotierung des LERNnetzes mit impliziter Lernunterstützung verdeutlichten bereits, dass einige der lerngegenstandsspezifisch konkretisierten Maßnahmen nicht in intendierter Weise von den Lernenden genutzt wurden. Im Rahmen dieser ersten Voruntersuchung wurde das Lernarrangement mit vier Kleingruppen einer dritten Grundschulklasse ( $n = 26$ ) durchgeführt und überprüft, inwieweit die Maßnahmen die Lernenden bei der Bearbeitung kognitiv aktivieren, motivieren und extrinsisch belasten. Die Analyse erfolgte mittels teilstandardisierter Beobachtung des Unterrichtsgeschehens durch drei Beobachter\*innen. Die Untersuchungsergebnisse zeigten, dass die Schüler\*innen angeregt wurden und motiviert waren, das Funktionsprinzip des Kurbelkarussells zu entdecken. Die extrinsische kognitive Belastung wurde allerdings als hoch eingeschätzt. Auf Basis der Beobachtungen konnten konkrete Ursachen und Hemmnisse abgeleitet werden: Die Arbeitsaufträge bei der Erarbeitung des Drehrichtungswechsels und der Übersetzungsverhältnisse waren für die Lernenden zu offen formuliert und nicht klar verständlich (IS 3). Besondere Schwierigkeiten bereitete es den Schüler\*innen, die Anzahl der Umdrehungen zu verbalisieren. Auch die Sequenzierung – die Fertigungsaufgaben zum Riemen- und zum Zahnradgetriebe wurden parallel bearbeitet – ermöglichte es ihnen nicht, die angestrebten Inhalte umfassend verstehen zu können (IS 1). Die Aktivierungs- und Strukturierungsmaßnahmen wurden daher entsprechend weiterentwickelt und optimiert (siehe Tab. 3). Es gilt nun zu überprüfen, inwieweit diese bereits optimierten, aber vor allem auch die weiteren Aktivierungs- und Strukturierungsmaßnahmen in den beiden anderen LERNnetzvarianten (siehe Tab. 4 und 5) die Lernenden zum Nachdenken und Erforschen des technischen Lehrgegenstandes anregen und darin unterstützen, die technischen Funktions- und Konstruktionsprinzipien nachzuvollziehen. Es wird daher folgende zentrale Forschungsfrage formuliert:

*Inwieweit werden die lerngegenstandsspezifisch konkretisierten Aktivierungs- und Strukturierungsmaßnahmen von den Schüler\*innen in intendierter Weise genutzt?*

### 3.1 Forschungsdesign und methodische Schritte

Zur Erprobung und Überprüfung der konkretisierten Aktivierungs- und Strukturierungsmaßnahmen wurden die LERNnetze mit impliziter, moderat expliziter und intensiv expliziter Lernunterstützung bislang in zwei iterativen Erhebungszyklen mit Schüler\*innen der Jahrgangsstufe 3 ( $n = 38$ ) durchgeführt. Die beiden teilnehmenden Klassen A und B wurden gemäß der individuellen sachunterrichtsspezifischen Lerneingangsvoraussetzungen intern in jeweils drei leistungsheterogene Kleingruppen mit je fünf bis sieben Lernenden eingeteilt. Der hierfür

entwickelte Einschätzungsbogen basiert im Schwerpunkt auf den perspektivübergreifenden Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen des Sachunterrichts (GDSU 2013, 13), die Einschätzung wurde von den Fachlehrer\*innen vorgenommen.

Die Analyse der Unterstützungsmaßnahmen erfolgte mittels teilstandardisierter Beobachtung. Zwei geschulte Beobachter\*innen nahmen hospitierend am Unterrichtsgeschehen teil und schätzten die Angebotsnutzung durch die Lernenden mit Hilfe eines Beobachtungsmanuals ein (vgl. Kap. 3.2). Den Prinzipien der fachdidaktischen Entwicklungsforschung folgend (Prediger u. a. 2012) wurden die im ersten Erhebungszyklus (A) gewonnenen Ergebnisse ausgewertet, Entwicklungspotenziale abgeleitet und Optimierungen vorgenommen. Im anschließenden zweiten Erhebungszyklus (B) erfolgte dann eine erneute Überprüfung der (ggf.) weiterentwickelten Unterstützungsmaßnahmen.

Die prozessspezifischen Strukturierungsmaßnahmen „Hervorheben“ (IS 4) und „Zusammenfassen“ (IS 5) wurden nicht im Hinblick auf die Angebotsnutzung überprüft, da hier keine direkte Reaktion erwartet wurde.

### 3.2 Datenerhebung und -auswertung

Als Erhebungsinstrument wurde ein teilstandardisiertes Beobachtungsmanual entwickelt und genutzt. Im Manual werden die jeweiligen Aktivierungs- und Strukturierungsmaßnahmen aufgeführt und ihre konkrete Umsetzung im LERNnetz dargelegt. Zur Überprüfung der intendierten Nutzung wurden verhaltensnahe und beobachtbare Indikatoren generiert. Diese Items beschreiben eine idealtypische Nutzung der jeweiligen Aktivierungs- oder Strukturierungsmaßnahmen (siehe z. B. Tab. 6)

**Tab. 6:** Auszug aus dem Beobachtungsmanual

Kognitiv anregende Maßnahme der Lernunterstützung	ANGEBOT: Umsetzung im LERNnetz zum Kurbelkarussell	NUTZUNG: Intendierte Nutzung auf Seite der Schüler*innen
Austausch über Vorstellungen und Konzepte anregen (KA 5)	Die Lehrperson nimmt eine Einstellung am Karussell vor oder erfragt, wie eine bestimmte Drehgeschwindigkeit oder -richtung eingestellt werden kann.	Die Schüler*innen tauschen sich untereinander über die notwendigen Einstellungen; bzw. die resultierenden Karussellbewegungen aus.
Über Lerninhalte und -wege nachdenken (KA 6)	Die Lernenden erhalten ihre Sachzeichnungen zurück. Sie sollen benennen, was sie nun ändern würden.	Die Schüler*innen benennen Änderungen oder Ergänzungen zu ihrer Zeichnung.

Im Rahmen der Beobachtung wurde eingeschätzt, inwieweit die tatsächliche Angebotsnutzung durch die Lernenden mit diesem Ideal übereinstimmt.

Die Einschätzung erfolgte unter Berücksichtigung der Verteilung des gezeigten Verhaltens innerhalb der Lerngruppe. Den Beobachter\*innen lag eine fünfstufige Antwortskala vor. Im Rahmen der quantitativen Datenauswertung wurden den jeweiligen Einschätzungen Zahlenwerte zugeordnet (siehe Tab. 7).

**Tab. 7:** Einschätzungsskala und zugehörige Zahlenwerte

Trifft völlig zu	Trifft zu	Trifft über- wiegend zu	Trifft teilweise zu	Trifft nicht zu
5	4	3	2	1

Zur Gewährleistung der Objektivität und Reliabilität wurden die Einschätzungen von zwei Beobachter\*innen vorgenommen. Die Durchführungsobjektivität und die Validität wurden durch das Festlegen von Einschätzungsregeln und eine Beobachterschulung gesichert. Zusätzlich diente eine Probebeobachtung der inter-personalen Konsensbildung.

Wie bei hoch inferenten Verfahren üblich, wurde zur Überprüfung der Beobachterurteile die tendenzielle Beobachterübereinstimmung kontrolliert (vgl. Gabriel 2014). Einschätzungen gelten als tendenziell übereinstimmend, wenn die Differenz zwischen den Urteilen nicht größer als 1 ist. Darüber hinaus wurde festgelegt, dass mindestens 80 % der Einschätzungen tendenziell übereinstimmen müssen.

Zusätzlich zu den standardisierten Einschätzungen umfasst das Beobachtungsmanual offene Beobachtungsfelder zu jeder Aktivierungs- und Strukturierungsmaßnahme. Die Beobachter\*innen sind hier aufgefordert, konkrete Unterrichtssituationen zu schildern, Schüleräußerungen festzuhalten, die beobachtbaren Lernaktivitäten und wahrnehmbare Schwierigkeiten oder Hemmnisse, aber auch erkennbare Lernchancen zu dokumentieren.

Im Rahmen der Analyse werden diese offenen Beobachtungsergebnisse genutzt, um die standardisierten Einschätzungen validieren und konkretisieren zu können. Die Befunde können so bestätigt, Ursachen und Optimierungsmöglichkeiten abgeleitet und bei der Weiterentwicklung berücksichtigt werden.

### 3.3 Darlegung, Interpretation und Diskussion der Ergebnisse: LERNnetz mit impliziter Lernunterstützung

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Überprüfung der Aktivierungs- und Strukturierungsmaßnahmen im LERNnetz mit impliziter Lernunterstützung anhand der gemittelten Beobachter\*innenurteile dargelegt (siehe Abb. 3). Die

vorliegenden Beobachterurteile weisen eine tendenzielle Übereinstimmung von 100 % auf.

Die gemittelten Einschätzungen deuten darauf hin, dass die konkretisierten Aktivierungs- und Strukturierungsmaßnahmen von der Mehrheit der Lernenden in intendierter Weise genutzt werden konnten. In Bezug auf die Forschungsfrage ein zufriedenstellendes Ergebnis, zumal sich auch die vorgenommenen Weiterentwicklungen auf Basis der Pilotierungsergebnisse in den Bereichen sprachliche Klarheit (IS 3) und Sequenzierung (IS 1) zu bewähren scheinen.

Es lässt sich darüber hinaus ableiten, dass die Fertigungs- und Montagematerialien zur Veranschaulichung der Funktions- und Konstruktionsprinzipien des Riemengetriebes (IS 6 Entdecken Riemengetriebe und Montage Karussell Riemen) von den Schüler\*innen gewinnbringend genutzt werden konnten.

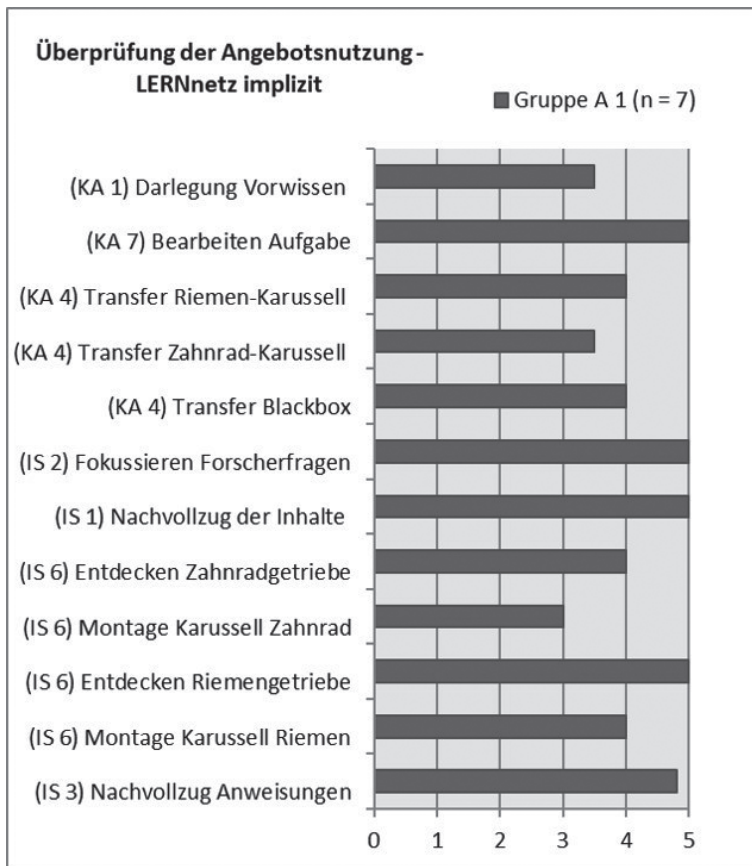


Abb. 3: Einschätzung der Angebotsnutzung – LERNNetz mit impliziter Lernunterstützung (A1)

Dies scheint bei den Materialien zum Zahnradgetriebe nicht umfänglich der Fall zu sein (IS 6 Montage Karussell Zahnrad). Die Eintragungen in den Beobachtungsprotokollen deuten hier auf einen Optimierungsbedarf hinsichtlich der Materialerklärung (Verwendung der Steckplatten beim Mini-Karussell) und Aufgabenbeschreibung (Nutzung von Klebepunkten zur Drehzahlbestimmung, Klärung und Konkretisierung des Beobachtungsauftrages) hin. Diese Weiterentwicklungen wurden im zweiten Erhebungszyklus umgesetzt. Aus den Überprüfungsergebnissen (siehe Abb. 4) lässt sich ableiten, dass die zusätzlichen Erläuterungen die Anschaulichkeit der Materialien erhöht und das Anwenden der Konstruktionsprinzipien erleichtert haben. Zur Ergebnissicherung sollten die Maßnahmen allerdings mindestens einem weiteren Überprüfungszyklus unterzogen werden. Die Ergebnisse der Aktivierungsmaßnahme „Vorstellungen erschließen“ (KA 1) zeigen in beiden Erhebungszyklen mittlere Ausprägungen. In den Einstiegssequenzen wurde ersichtlich, dass nicht alle Schüler\*innen ihre Vorstellungen zum Kurbelkarussell verbal mitteilten, eine Sachzeichnung wurde jedoch von allen erstellt. Hier wurde bislang daher kein Optimierungsbedarf abgeleitet, zumal davon auszugehen ist, dass die Zurückhaltung in der Gesprächsphase auch auf das technikbezogene Selbstkonzept oder die technischen Lernerfahrungen zurückzuführen sein könnte und somit nicht von der Qualität der Aktivierungsmaßnahme abhängt.

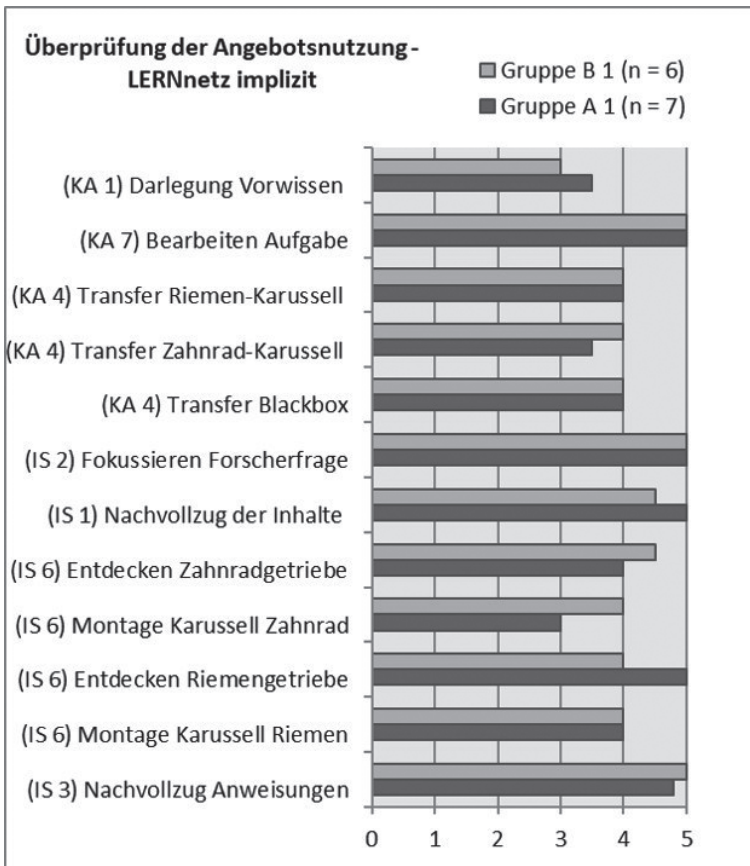
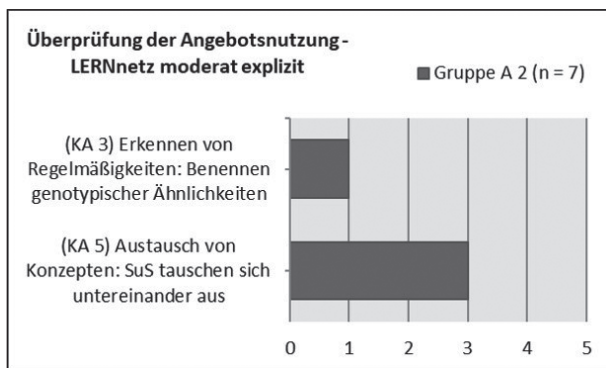


Abb. 4: Einschätzung der Angebotsnutzung – LERNnetz mit impliziter Lernunterstützung (A1 und B1)

### 3.4 Darlegung, Interpretation und Diskussion der Ergebnisse: LERNnetz mit moderat expliziter Lernunterstützung

Die Überprüfungsergebnisse der zusätzlichen Aktivierungsmaßnahmen im LERNnetz mit moderat expliziter Lernunterstützung belegen, dass die Maßnahme „Vorstellungen aufbauen und weiterentwickeln“ (KA 3) nicht in intendierter Weise von den Lernenden genutzt wurde. Im Hinblick auf den Austausch von Konzepten (KA 5) zeigt sich eine mittlere Ausprägung der Angebotsnutzung (siehe Abb. 5). Die vorliegenden Beobachterurteile weisen eine tendenzielle Übereinstimmung von 100 % auf.



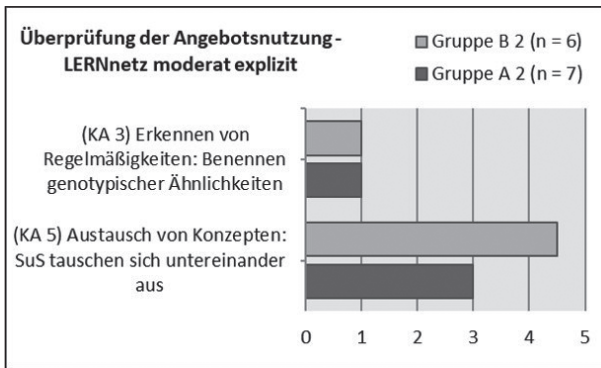
**Abb. 5:** Einschätzung der Angebotsnutzung – LERNnetz mit moderat expliziter Lernunterstützung (A2)

Im Hinblick auf die Benennung genotypischer Ähnlichkeiten (KA 3) belegen die Ergebnisse einen deutlichen Optimierungsbedarf. Um die Lernenden in der Transferphase anzuregen, Regelmäßigkeiten und Zusammenhänge zu entdecken, wurden Repräsentanten der einzelnen Aufgabenformate genutzt. Auf die Frage, welche Aufgaben etwas gemeinsam haben, wurden von den Lernenden jedoch ausschließlich phänotypische Gemeinsamkeiten („Die sind alle mit Zahnrädern.“; „Hier gibt es immer eine große und eine kleine Scheibe.“, etc.) benannt. Da noch nicht abgeschätzt werden konnte, ob die hier zu beobachtende Nutzung lerngruppenspezifisch zu interpretieren ist und auch keine Möglichkeiten der Optimierung aus den beobachteten Lernaktivitäten hervorgingen, wurden vorerst keine Weiterentwicklungen vorgenommen.

Zur Anregung des Austauschs über die eigenen Konzepte (KA 5) sollten die Lernenden absprechen, wie eine bestimmte Karussellbewegung umgesetzt werden könnte. Hier wurde ersichtlich, dass sich zurückhaltende Schüler\*innen kaum in die Gruppendiskussion einbrachten. Als mögliche Optimierung wurde festgelegt, dass der Austausch zunächst in Partnergruppen erfolgen und dann auf die Gesamtgruppe übertragen werden sollte.

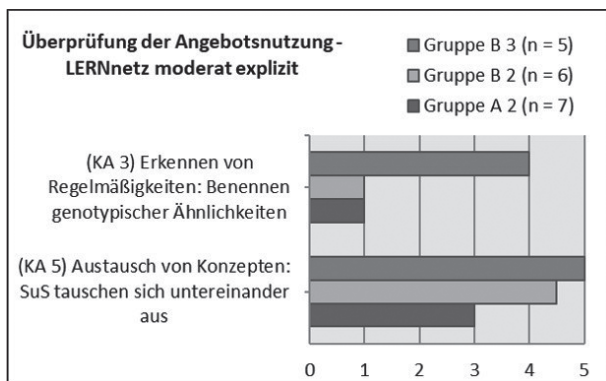
Die Ergebnisse des zweiten Erhebungszyklus deuten darauf hin, dass diese Aktivierungsmaßnahme nun in intendierter Weise von fast allen Lernenden genutzt werden konnte (siehe Abb. 6).





**Abb. 6:** Einschätzung der Angebotsnutzung – LERNnetz mit moderat expliziter Lernunterstützung (A2 und B2)

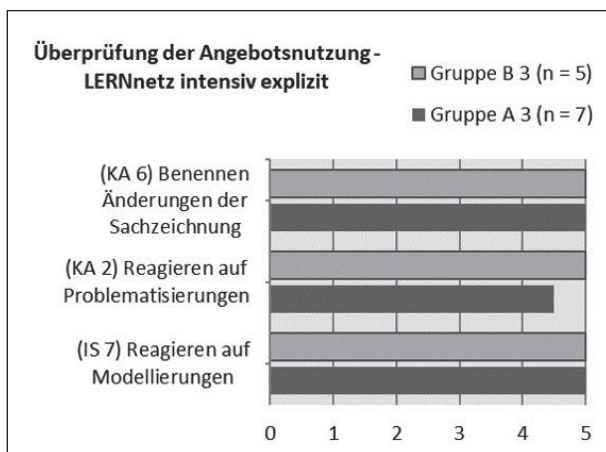
Im Hinblick auf die Benennung genotypischer Ähnlichkeiten zeigen die Ergebnisse allerdings erneut, dass die Maßnahme nicht in intendierter Weise genutzt wurde. Nach Auswertung der Beobachtungsprotokolle wurde ersichtlich, dass die Aufmerksamkeit der Lernenden vermutlich durch die Fragestellung der Lehrkraft „*Welche Aufgaben haben etwas gemeinsam?*“ auf die äußerlichen Ähnlichkeiten gelenkt wurde. Zur Optimierung erschien es daher sinnvoll, die Frage stärker auf ähnliche Beobachtungen auszurichten: „*Bei welchen Aufgaben konntest du etwas Ähnliches beobachten?*“ Um mögliche Änderungen in der Angebotsnutzung überprüfen zu können, wurde die Maßnahme im Rahmen der Durchführung des LERNnetzes mit intensiv expliziter Lernunterstützung einer dritten Analyse unterzogen (siehe Abb. 7). Die Ergebnisse lassen den Rückschluss zu, dass durch die Änderung der Fragestellung der Aufmerksamkeitsfokus der Lernenden gelenkt werden konnte. Es gelang ihnen nun, die Übersetzung ins Schnelle und ins Langsame beim Zahnrad- und beim Riemengetriebe zu benennen und zu erläutern. Zur Ergebnissicherung sollten die Maßnahmen allerdings weiteren Überprüfungszyklen unterzogen werden.



**Abb. 7:** Einschätzung der Angebotsnutzung – LERNnetz mit moderat expliziter Lernunterstützung (A2, B2 und B3)

### 3.5 Darlegung, Interpretation und Diskussion der Ergebnisse: LERNnetz mit intensiv expliziter Lernunterstützung

Die Überprüfungsergebnisse beider Erhebungszyklen der zusätzlichen Unterstützungsmaßnahmen im LERNnetz mit intensiv expliziter Lernunterstützung belegen, dass die Maßnahmen von den Lernenden in intendierter Weise genutzt werden konnten (siehe Abb. 8). Die vorliegenden Beobachterurteile weisen eine tendenzielle Übereinstimmung von 100 % auf.



**Abb. 8:** Einschätzung der Angebotsnutzung – LERNnetz mit intensiv expliziter Lernunterstützung (A3 und B3)

In Bezug auf die Forschungsfrage zeigt sich hier ein äußerst zufriedenstellendes Ergebnis.

Besonders eindrücklich war zu beobachten, dass die Lernenden die Entwicklung des eigenen Wissens anhand der Sachzeichnung reflektieren und neue Erkenntnisse verbalisieren und integrieren konnten.

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

In Bezug auf die Forschungsfrage zeigen die Ergebnisse, dass die Mehrzahl der konkretisierten Aktivierungs- und Strukturierungsmaßnahmen von den Lernenden in intendierter Weise genutzt werden konnten. Neben diesen bestätigenden Befunden konnten im Rahmen der unterrichtlichen Erprobung aber auch Entwicklungsbedarfe offengelegt und wesentliche Impulse für die Weiterentwicklung von drei Aktivierungsmaßnahmen und einer Strukturierungsmaßnahme abgeleitet werden. Die Mehrzahl der vorgenommenen Optimierungen bezieht sich dabei auf die Präzisierung der Beobachtungsaufträge, der Durchführungshinweise und Fragestellungen. Durch den Einsatz der optimierten Anweisungen und Hinweise konnten die Schüler\*innen angeregt und unterstützt werden, Zusammenhänge in den Funktionsprinzipien von Zahnrad- und Riemengetrieben zu erkennen und zu benennen. Die Konstruktionsprinzipien konnten auf die Kurbelkarusselle übertragen und bei der Montage der Karussellmodelle angewendet werden.

Bei der Interpretation der Ergebnisse muss allerdings einschränkend berücksichtigt werden, dass die in Anlehnung an die Prinzipien der fachdidaktischen Entwicklungsforschung ermittelten Erkenntnisse nicht verallgemeinerbar sind. Im Hinblick auf die weiteren Forschungsschritte im Rahmen der Teilstudie „LERNnetze III“ kommt den vorliegenden Befunden aber eine zentrale Bedeutung zu. Durch die hier vorgenommene unterrichtliche Erprobung und Überprüfung kann zunehmend abgesichert werden, dass die in den LERNnetzen mit impliziter, moderat expliziter und intensiv expliziter Lernunterstützung jeweils eingesetzten Aktivierungs- und Strukturierungsmaßnahmen von den Lernenden auch tatsächlich in intendierter Weise genutzt werden. Zur Kontrolle der Befunde sollten die theoriebasiert generierten Treatmentbedingungen allerdings in wenigstens zwei weiteren iterativen Erhebungszyklen überprüft werden. Auf dieser Basis kann letztlich die Wirkanalyse erfolgen und untersucht werden, wie sich die unterschiedlichen Grade der Lernunterstützung bei heterogenen Lernvoraussetzungen auf den Lernzuwachs und das Lernerleben der Schüler\*innen auswirken.

## Literatur

- Adamina, M., Möller, K., Steffensky, M., Sunder, C. & Wyssen, H.-P. (2017): Maßnahmen der Lernunterstützung im naturwissenschaftlichen Sachunterricht – Kognitiv anregen und inhaltlich strukturieren. VIU-Portal der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster.
- Berliner, D.C. (2005): The near impossibility of testing for teacher quality. In: *Journal of Teacher Education*, 56 (3), 205-213.
- Blumberg, E., Möller, K. & Hardy, I. (2004): Erreichen motivationaler und selbstbezogener Zielsetzungen in einem schülerorientierten naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht – Bestehen Unterschiede in Abhängigkeit der Leistungsstärke? In: W. Bos, E. Lankes, N. Plaßmeier & K. Schwippert (Hrsg.): *Heterogenität – Eine Herausforderung an die empirische Bildungsforschung*. Münster: Waxmann, 41-55.
- Boemke, S. (2017): Entwicklung und Erprobung eines Lernnetzes zur Stabilität bei Fachwerkhäusern. *Wissenschaftliche Hausarbeit*. Universität Kassel (unveröffentlicht).
- Bruner, J. S. (1961): The act of discovery. In: *Harvard Educational Review*, 31 (1), 21-32.
- de Jong, T. & van Joolingen, W. R. (1998): Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. In: *Review of Educational Research*, 68 (2), 179-201.
- Dölle, S. (2019): Kognitive Aktivierung und Strukturierung im technischen Sachunterricht. Videobasierte Unterrichtsanalyse und -entwicklung durch hoch inferente Ratings. In: H. Giest, E. Gläser & A. Hartinger (Hrsg.): *Methodologien der Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 171-195.
- Dölle, S. (in Vorb.): Technik erkunden und analysieren – Wie funktioniert das Kurbelkarussell? In: K. Möller, C. Tenberge und M. Bohrmann (Hrsg.): *Die technische Perspektive konkret*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Gabriel, K. (2014). Videobasierte Erfassung der Unterrichtsqualität im Anfangsunterricht der Grundschule. Klassenführung und Unterrichtsklima in Deutsch und Mathematik. Kassel: university press.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (2013): *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Helmke, A. (2010): *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts* (3. Auflage). Seelze: Klett/Kallmeyer.
- Kleickmann, T. (2012): Kognitiv aktivieren und inhaltlich strukturieren im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. Handreichung des Programms SINUS an Grundschulen. Kiel: Leibniz-Institut f. d. Pädagogik d. Naturwissenschaften.
- Kunter, M. & Voss, T. (2011): Das Modell der Unterrichtsqualität in COACTIV: Eine multikriteriale Analyse. In: M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.): *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Münster: Waxmann, 85-113.
- Kunter, M. & Ewald, S. (2016): Bedingungen und Effekte von Unterricht: Aktuelle Forschungsperspektiven aus der pädagogischen Psychologie. In: N. McElvany, W. Bos, H.G. Holtappels, M. Gebauer & F. Schwabe (Hrsg.): *Bedingungen und Effekte guten Unterrichts*. Münster: Waxmann, 9-31.
- Lipowsky, F. (2009): Unterricht. In: E. Wild & J. Möller (Hrsg.): *Pädagogische Psychologie*. Berlin: Springer, 73-102.
- Mammes, I. (2001): Förderung des Interesses an Technik durch technischen Sachunterricht. Eine Untersuchung zum Einfluss technischen Sachunterrichts auf die Verringerung von Geschlechtsdifferenzen im technischen Interesse. Frankfurt a. M.: Peter Lang.
- Möller, K. (1994): Technische Bildung im Sachunterricht der Grundschule. In: L. Duncker & W. Popp (Hrsg.): *Kind und Sache*. Weinheim: Juventa, 225-242.

- Möller, K., Jonen, A., Hardy, I. & Stern, E. (2002): Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung. In: *Zeitschrift für Pädagogik* (45. Beiheft), 176-191.
- Möller, K. (2016): Bedingungen und Effekte qualitätvollen Unterrichts – ein Beitrag aus fachdidaktischer Perspektive. In: N. McElvany, W. Bos, H.G. Holtappels, M. Gebauer & F. Schwabe (Hrsg.): *Bedingungen und Effekte guten Unterrichts*. Münster: Waxmann, 43-64.
- Prediger, S., Link, M., Hinz, R., Hußmann, S., Thiele, J. & Ralle, B. (2012): Lehr-Lernprozesse initiieren und erforschen – Fachdidaktische Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell. In: *MNU* 65 (8), 452-457.
- Prediger, S., Komorek, M., Fischer A., Hinz, R., Hußmann, S., Moschner, B., Ralle, B. & Thiele, J. (2013): Der lange Weg zum Unterrichtsdesign. Zur Begründung und Umsetzung fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme. In: M. Komorek & S. Prediger (Hrsg.): *Der lange Weg zum Unterrichtsdesign. Zur Begründung und Umsetzung fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme*. Münster: Waxmann, 9-23.
- Reusser, K. & Pauli, C. (2010): Unterrichtsgestaltung und Unterrichtsqualität – Ergebnisse einer internationalen und schweizerischen Videostudie zum Mathematikunterricht: Einleitung und Überblick. In: K. Reusser, C. Pauli & M. Waldis (Hrsg.): *Unterrichtsgestaltung und Unterrichtsqualität. Ergebnisse einer internationalen und schweizerischen Videostudie zum Mathematikunterricht*. Münster: Waxmann, 9-32.
- Scheitz, N. (2019): *Auf den Spuren von Plastik – Entwicklung von Unterrichtsmaterialien zur Bildung für nachhaltige Entwicklung. Wissenschaftliche Hausarbeit*. Universität Kassel (unveröffentlicht).
- Schmidt, L. (2018): *Adaptive Entwicklung eines Lernnetzes zur Funktionsweise der Taschenlampe. Wissenschaftliche Hausarbeit*. Universität Kassel (unveröffentlicht).